



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2019/06/06
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2019/12/19
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2020/11/03
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2019/064863
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2019/238537
(30) Priorité/Priority: 2018/06/12 (FR1870680)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C03C 17/36* (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE, FR
(72) Inventeur/Inventor:
ONGARELLO, TOMMASO, FR
(74) Agent: FASKEN MARTINEAU DUMOULIN LLP

(54) Titre : MATERIAU COMPRENANT UN EMPILEMENT A PROPRIETES THERMIQUES ET ESTHETIQUES
(54) Title: MATERIAL COMPRISING A STACK WITH THERMAL AND AESTHETIC PROPERTIES

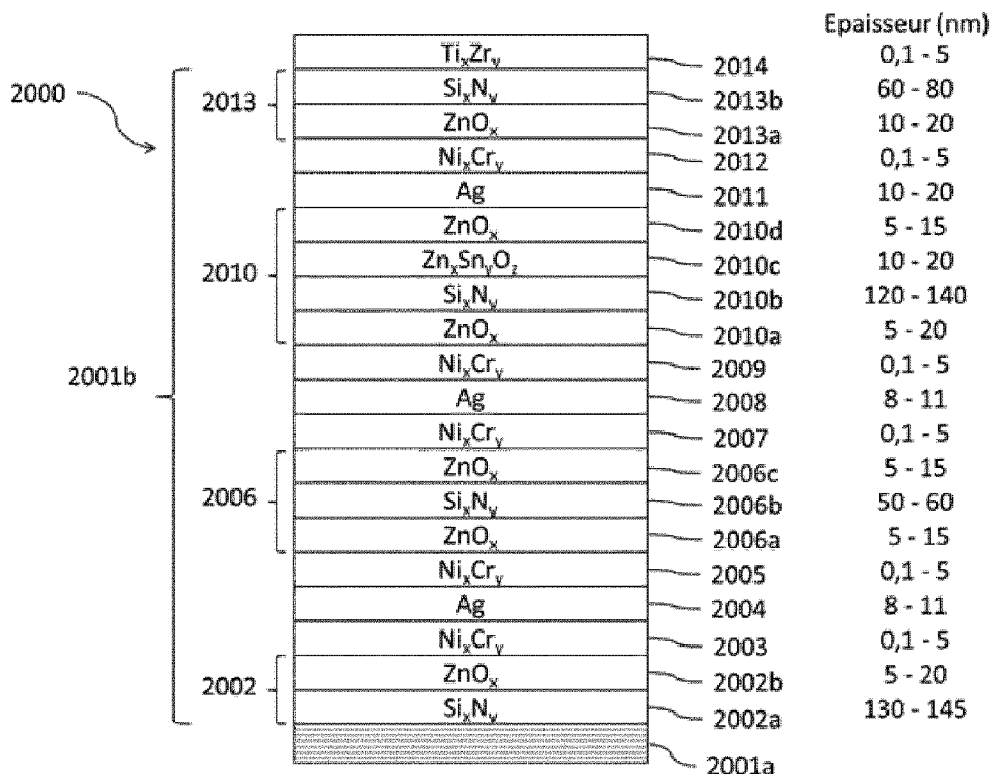


Fig. 2

(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un matériau comprenant un substrat transparent sur la surface duquel est déposé un empilement de couches qui comprend lui-même une pluralité de couches fonctionnelles permettant d'agir sur le rayonnement solaire et/ou

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

infrarouge susceptible de heurter ladite surface. Le matériau de l'invention possède de hautes performances thermiques ainsi qu'un aspect esthétique de surface brillant de couleur neutre.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/238537 A1(43) Date de la publication internationale
19 décembre 2019 (19.12.2019)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets : *C03C 17/36* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/EP2019/064863
- (22) Date de dépôt international : 06 juin 2019 (06.06.2019)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1870680 12 juin 2018 (12.06.2018) FR
- (71) Déposant : SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE [FR/FR]
; 92400 COURBEVOIE (FR).
- (72) Inventeur : ONGARELLO, Tommaso ; 5 Allée du Château de la Solitude, 92350 LE PLESSISVILLE-ROBINSON (FR).
- (74) Mandataire : SAINT-GOBAIN RECHERCHE ; 39 quai Lucien Lefranc - BP 135, 93303 Aubervilliers Cedex (FR).
- (81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: MATERIAL COMPRISING A STACK WITH THERMAL AND AESTHETIC PROPERTIES

(54) Titre : MATÉRIAU COMPRENANT UN EMPILEMENT À PROPRIÉTÉS THERMIQUES ET ESTHÉTIQUES

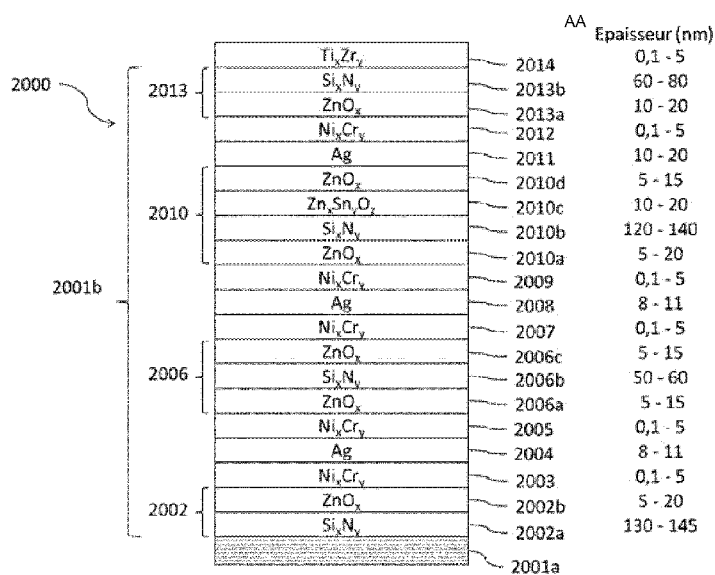


Fig. 2

AA thickness

(57) Abstract: The invention relates to a material comprising a transparent substrate, on the surface of which a stack of layers is deposited which comprises a plurality of functional layers making it possible to act on the solar and/or infrared radiation likely to strike said surface. The material of the invention has a high thermal performance and, aesthetically, a neutral-color glossy surface appearance.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un matériau comprenant un substrat transparent sur la surface duquel est déposé un empilement de couches qui comprend lui-même une pluralité de couches fonctionnelles permettant d'agir sur le rayonnement solaire et/ou infrarouge susceptible de heurter ladite surface. Le matériau de l'invention possède de hautes performances thermiques ainsi qu'un aspect esthétique de surface brillant de couleur neutre.

[Suite sur la page suivante]

WO 2019/238537 A1 

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

Description

Titre de l'invention : Matériau comprenant un empilement à propriétés thermiques et esthétiques

[0001] La présente invention concerne un matériau comprenant un substrat transparent sur la surface duquel est déposé un empilement de couches qui comprend lui-même une pluralité de couches fonctionnelles permettant d'agir sur le rayonnement solaire et/ou infrarouge susceptible de heurter ladite surface. Le matériau de l'invention est remarquable en ce qu'il possède de hautes performances thermiques ainsi qu'un aspect esthétique de surface brillant et de couleur neutre. L'invention a également trait à un vitrage comprenant un tel matériau.

[0002] Les accords et dispositifs légaux ayant pour objectif de réduire les impacts environnementaux des activités humaines se multiplient aux échelles régionales, nationales et internationales. Ces accords et dispositifs visent notamment à réduire la consommation d'énergie des infrastructures. Ils préconisent ou obligent en particulier l'équipement des bâtiments et des véhicules de transports de manière à réduire la consommation d'énergie de leurs moyens de climatisation et de chauffage.

[0003] Les surfaces vitrées constituent souvent la majorité des surfaces externes des bâtiments et véhicules de transport. Leur part ne cesse de croître pour répondre au besoin des usagers en matière d'éclairage par la lumière naturelle. Cependant, ces surfaces vitrées peuvent être des sources passives de chaleur notamment lors des périodes de fort ensoleillement, tout comme être dissipatrices de chaleur lors des périodes hivernales. En conséquence, les variations de températures à l'intérieur des bâtiments et véhicules équipés de ces surfaces vitrées peuvent être très importantes. Ces variations de températures peuvent provoquer des sensations d'inconfort et inciter à une utilisation importante des moyens de climatisation et de chauffage.

[0004] Pour ces raisons d'économie d'énergie et de confort, les surfaces vitrées doivent être fonctionnalisées afin d'agir sur les rayonnements solaires et/ou infrarouges incidents et de réduire les phénomènes « d'effet de serre ». La fonctionnalisation de ces surfaces est généralement réalisée par le dépôt sur

lesdites surfaces d'un empilement de couches comprenant des couches fonctionnelles métalliques. Ces couches confèrent aux surfaces, ainsi qu'aux vitrages qui les comprennent, des fonctions dites « sélectives » permettant de diminuer la quantité d'énergie transmise au travers du vitrage vers l'intérieur sans préjudice pour la transmission lumineuse dans le spectre visible.

[0005] Les performances des surfaces vitrées fonctionnalisées et des vitrages qui comprennent ces surfaces sont évaluées généralement à l'aide de trois paramètres :

- le facteur solaire, g , défini comme le rapport de l'énergie totale transmise au travers de la surface vitrée ou du vitrage vers l'intérieur sur l'énergie solaire incidente ;
- la transmission lumineuse dans le spectre visible, TL , définie comme le rapport de la quantité de lumière incidente sur la quantité de lumière du spectre visible transmise au travers de la surface vitrée ou du vitrage ;
- la sélectivité, s , définie comme le rapport de la transmission lumineuse TL sur le facteur solaire g , soit TL/g .

[0006] Plus la sélectivité, s , d'une surface vitrée fonctionnalisée ou d'un vitrage qui comprend une surface vitrée fonctionnalisée est élevée, plus ses performances thermiques sont élevées, c'est-à-dire plus la quantité d'énergie transmise au travers du vitrage vers l'intérieur est faible, idéalement sans préjudice pour la transmission lumineuse dans le spectre visible. Selon la définition ci-dessus, une sélectivité élevée peut être obtenue par augmentation de la transmission lumineuse, TL , et/ou par diminution du facteur solaire, g .

[0007] La transmission lumineuse et le facteur solaire dépendent en particulier des épaisseurs des couches fonctionnelles métalliques que comprend l'empilement de couche déposé sur la surface du substrat transparent qui forme la surface vitrée. La transmission lumineuse et le facteur solaire varient contradictoirement avec les épaisseurs des couches fonctionnelles. Plus les couches fonctionnelles sont épaisses, plus la transmission lumineuse est faible mais plus le facteur solaire est élevé. Inversement, plus les couches fonctionnelles sont minces, plus le facteur solaire est faible mais plus la transmission lumineuse est élevée.

[0008] Les surfaces vitrées fonctionnalisées et les vitrages qui les comprennent, possèdent donc idéalement des fonctions telles que :

- la transmission lumineuse soit la plus élevée, au moins 45%, voire 50% ;
- le facteur solaire, g, d'au plus 30% ;
- la sélectivité, s, est égale ou supérieure à 1,5, voire 1,7.

[0009] Les surfaces vitrées peuvent également posséder une fonction esthétique pour les bâtiments et les véhicules de transport dans lesquels elles sont susceptibles d'être incorporées. Dans certaines applications, elles doivent présenter, en réflexion extérieure, un aspect de surface brillant de couleur neutre, c'est-à-dire de préférence proche de la couleur grise dans la gamme chromatique bleu-vert. Les nuances de la couleur doivent idéalement peu varier selon l'angle d'observation. Cet aspect de surface est esthétiquement proche de celui d'un miroir.

[0010] Un tel aspect de surface est généralement obtenu lorsque la réflexion extérieure de la surface vitrée est égale ou supérieure à 25% et lorsque les valeurs des deux paramètres a^* et b^* dans le système $L^*a^*b^*$ sont proches de zéro, idéalement compris entre -5 et 0. La réflexion extérieure dépend en partie de l'épaisseur des couches fonctionnelles métalliques. Plus les couches fonctionnelles métalliques sont épaisses, plus la réflexion extérieure est élevée, et inversement.

[0011] Or, il a été constaté que toute augmentation de l'épaisseur des couches fonctionnelles métalliques provoque une diminution de la transmission lumineuse que l'augmentation simultanée du facteur solaire ne permet pas de compenser. Par conséquent, bien que la réflexion externe augmente lorsque l'épaisseur des couches fonctionnelles métalliques augmente, la sélectivité diminue de manière préjudiciable pour les performances thermiques. La surface vitrée fonctionnalisée ou le vitrage qui la comprend peut donc avoir un aspect de surface brillant mais des performances thermiques médiocres. D'autre part, la simple augmentation des épaisseurs des couches fonctionnelles métalliques ne permet pas d'obtenir une couleur neutre en réflexion extérieure.

[0012] La présente invention résout ce problème. Elle concerne un matériau comprenant un substrat transparent sur au moins une surface duquel est déposé

un empilement de couches comprenant trois couches fonctionnelles métalliques, F1, F2 et F3, à base d'argent, d'épaisseurs physiques EF1, EF2 et EF3 respectivement, et quatre ensembles diélectriques de couches, E1, E2, E3 et E4 d'épaisseurs optiques sont EO1, EO2, EO3 et EO4 respectivement, chacune des couches fonctionnelles métalliques F1, F2 et F3 à base d'argent étant disposée respectivement entre les deux ensembles diélectriques de couches, E1 et E2, E2 et E3, et E3 et E4, ledit matériau étant caractérisé en ce que :

- le rapport de l'épaisseur physique EF1 de la couche fonctionnelle métallique F1 sur l'épaisseur physique EF2 de la couche fonctionnelle métallique F2 est compris entre 0,95 et 1,05 ;
- l'épaisseur physique EF3 de la couche fonctionnelle métallique F3 est supérieure aux épaisseurs physiques, EF1 et EF2, des couches fonctionnelles F1 et F2 ;
- l'épaisseur optique EO2 de l'ensemble diélectrique de couche E2 est comprise entre 60 et 80nm ;
- les épaisseurs optiques EO1, EO2, EO3 et EO4 sont telles que $EO2 < EO4 < EO1 < EO3$.

[0013] Dans la présente description, il fait usage des définitions et conventions suivantes.

[0014] La position du substrat peut être horizontale, verticale ou inclinée selon le choix retenu pour la mise en œuvre de l'invention. L'ordre d'énumération des couches ou des ensembles de couches est défini depuis le substrat en direction de la surface de l'empilement opposée au substrat. Ainsi, la couche fonctionnelle métallique F1 et l'ensemble diélectrique de couches E1, sont les plus proches du substrat. La couche fonctionnelle métallique F3 et l'ensemble diélectrique de couches E4, sont les plus éloignés du substrat.

[0015] Le terme « au-dessus », respectivement « en-dessous », qualifiant la position d'une couche ou d'un ensemble de couches et défini relativement à la position d'une couche fonctionnelle, signifie que ladite couche ou ledit ensemble de couches est plus proche, respectivement plus éloigné, du substrat. Ces deux termes, « au-dessus » et « en-dessous », ne signifient nullement que la couche ou l'ensemble de couches qu'ils qualifient et la couche fonctionnelle par rapport à laquelle ils sont définis soient en contact. Ils n'excluent pas la présence d'autres

couches intermédiaires entre ces deux couches. L'expression « en contact » est explicitement utilisée pour indiquer qu'aucune autre couche n'est disposée entre eux.

[0016] Le terme « extérieur », respectivement « intérieur », lorsqu'il qualifie une surface du substrat ou un paramètre optique ou physique d'une surface du substrat, désigne la surface du substrat orientée vers l'extérieur, respectivement vers l'intérieur, du local, par exemple un bâtiment ou un véhicule, dans lequel le substrat est utilisé.

[0017] Sans aucune précision ou qualificatif, le terme « épaisseur » utilisé pour une couche correspond à l'épaisseur physique, réel ou géométrique, e , de ladite couche. Elle est exprimée en nanomètres. L'expression « épaisseur optique » est utilisée pour indiquer explicitement l'épaisseur optique, notée e_0 , d'une couche. Elle est définie par la relation $e_0 = n \cdot e$ où n est l'indice de réfraction de la couche et e son épaisseur physique, réelle ou géométrique. L'indice de réfraction des couches est mesuré à la longueur d'onde électromagnétique de 550nm. L'épaisseur optique est également exprimée en nanomètres.

[0018] L'expression « ensemble diélectrique de couches » désigne une ou plusieurs couches en contact les unes avec les autres formant un empilement globalement diélectrique, c'est-à-dire qu'il n'a pas les fonctions d'une couche fonctionnelle métallique. Si l'ensemble diélectrique comprend plusieurs couches, celles-ci peuvent elles-mêmes être diélectriques. L'épaisseur physique, réelle ou géométrique, respectivement l'épaisseur optique, d'un ensemble diélectrique de couches, correspond à la somme des épaisseurs physiques, réelles ou géométriques, respectivement des épaisseurs optiques, de chacune des couches qui le constituent.

[0019] Dans la présente description, l'expression « à base de », utilisée pour qualifier un matériau ou une couche quant à ce qu'il ou elle contient, signifie que la fraction massique du constituant qu'il ou elle comprend est d'au moins 50%, en particulier au moins 70%, de préférence au moins 90%.

[0020] La transmission lumineuse, la réflexion lumineuse, le facteur solaire et la sélectivité sont définis, mesurés et calculés en conformité avec les normes EN 410 et EN 14501. La couleur est mesurée dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ CIE

1976 selon la norme ISO 11664 avec un illuminant D65 et un champ visuel de 2° pour l'observateur de référence.

[0021] Un vitrage comprenant un matériau selon l'invention présente une réflexion lumineuse extérieure d'au moins 25%, une transmission lumineuse dans le spectre visible d'au moins 48%, un facteur solaire d'au moins 25 et une sélectivité d'au moins 1,8. L'aspect esthétique du vitrage se caractérise par une couleur neutre en réflexion extérieure. En particulier, les valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ sont proches de 0, en particulier comprises entre -6 et 1.

[0022] Chaque ensemble diélectrique de couches comporte généralement au moins une couche à base d'un matériau diélectrique qui peut être à base de nitrures et/ou à base d'oxydes.

[0023] Les couches fonctionnelles métalliques sont des couches continues. Elles sont au nombre de trois. La fraction massique d'argent contenu dans les couches fonctionnelles métalliques à base d'argent est d'au moins 95%, de préférence au moins 98%.

[0024] Afin de réduire la quantité de matière déposée, les épaisseurs des couches fonctionnelles métalliques à base d'argent peuvent avantageusement être réduites, sans préjudice pour les performances thermiques et esthétiques tant que le rapport de l'épaisseur physique EF1 de la couche fonctionnelle métallique F1 sur l'épaisseur physique EF2 de la couche fonctionnelle métallique F2 reste compris entre 0,95 et 1,05, et l'épaisseur de la couche physique EF3 de la couche fonctionnelle métallique F3 reste supérieure aux épaisseurs physiques des couches fonctionnelles F1 et F2.

[0025] Dans un mode de réalisation de l'invention, la somme des épaisseurs physiques, EF1, EF2 et EF3, des couches fonctionnelles E1, F2 et F3 est de préférence comprise entre 30nm et 36nm.

[0026] A titre d'exemples non limitatifs, chacune des épaisseurs physiques, EF1 et EF2, des couches fonctionnelles F1 et F2 peut être comprise entre 6nm et 12nm, de préférence entre 8nm et 11nm et l'épaisseur physique EF3 de la couche fonctionnelle F3 peut être comprise entre 10nm et 20nm, de préférence entre 12nm et 13nm.

[0027] Pour la même raison de réduction de la quantité de matière déposée, les épaisseurs des ensembles diélectriques de couches peuvent être réduites, sans préjudice pour les performances thermiques et esthétiques, tant que l'épaisseur optique EO2 de l'ensemble diélectrique de couche E2 est comprise entre 60 et 80nm, et que les épaisseurs optiques EO1, EO2, EO3 et EO4 sont telles que $EO2 < EO4 < EO1 < EO3$.

[0028] A titre d'exemples non limitatif, l'épaisseur optique EO1 de l'ensemble diélectrique de couches E1 peut être comprise entre 120nm et 150nm. **[R6]** L'épaisseur optique EO3 de l'ensemble diélectrique de couches E3 peut être comprise entre 150nm et 180nm. L'épaisseur optique EO4 de l'ensemble diélectrique de couches E4 peut être comprise entre 70 et 90nm.

[0029] Dans un mode de réalisation de l'invention, chacun des quatre ensembles diélectriques de couches comprend au moins une couche diélectrique à base d'un matériau choisi parmi le nitrure de silicium, le nitrure de titane, l'oxyde de zinc, l'oxyde d'étain et de zinc, l'oxyde de titane, l'oxyde de silicium, l'oxyde de titane et d'étain, seul ou en combinaison.

[0030] L'empilement peut également comprendre en outre une couche dite de blocage disposée au-dessus et en contact d'une couche fonctionnelle métallique à base d'argent. La fonction de cette couche, généralement de très faible épaisseur, est de protéger la couche d'argent lorsque le dépôt de la couche subséquente est réalisé dans une atmosphère oxydante ou lorsque certains éléments comme l'oxygène sont susceptibles de migrer d'une couche à l'autre lors d'un traitement thermique. S'il est nécessaire de protéger chaque couche d'argent, il est avantageux qu'une couche de blocage soit disposée au-dessus et en contact de chaque couche fonctionnelle à base d'argent que comprend l'empilement. Cette couche est de préférence à base des métaux ou alliages choisis parmi Ti et NiCr.

[0031] Il est également possible de disposer une couche de blocage en-dessous et en contact d'une couche fonctionnelle métallique à base d'argent. S'il est nécessaire de protéger chaque couche d'argent, il peut être avantageux qu'une couche de blocage soit disposée en-dessous et en contact de chaque couche fonctionnelle métallique à base d'argent que comprend l'empilement.

- [0032] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'empilement de couches comprend en outre au moins une couche de blocage disposée au-dessus et en contact et/ou en-dessous et en contact d'une couche fonctionnelle métallique à base d'argent, l'épaisseur physique de la ou desdites couches de blocage étant égale ou inférieure à 5nm. A titre d'exemple non limitatif, la couche la couche de blocage est une couche métallique à base d'alliage NiCr.
- [0033] Il peut être avantageux pour certaines applications que l'ensemble de l'empilement comporte une couche de protection afin de le protéger d'éventuelles altérations physico-chimiques par l'atmosphère ou l'environnement extérieur avec lesquels il est susceptible d'être en contact. En ce sens, l'empilement de couches peut comprendre en outre une couche de protection disposée au-dessus de sa surface susceptible d'être en contact avec l'atmosphère, l'épaisseur physique de ladite couche de protection étant égale ou inférieure à 5nm. A titre d'exemple non limitatif, la couche de protection peut être une couche à base d'alliage TiZr.
- [0034] L'empilement peut comprendre en outre au moins une couche stabilisante dite de « contact inférieur » disposée en-dessous et en contact d'une couche fonctionnelle métallique à base d'argent. La fonction de cette couche, généralement de très faible épaisseur, est de favoriser l'adhésion et la cristallisation de l'argent. En ce sens il peut être avantageux qu'une telle couche soit disposée en-dessous et en contact de chaque une couche fonctionnelle métallique à base d'argent que comprend l'empilement. Cette couche est de préférence à base d'oxydes choisis parmi les oxydes de zinc, les oxydes de nickel, les oxydes de magnésium, les oxydes mixtes de zinc et d'étain, les oxydes mixtes de zinc et de magnésium, les oxydes mixtes de zinc et de titane.
- [0035] Si une couche de blocage est présente en-dessous et en contact d'une couche fonctionnelle métallique à base d'argent, la couche de « contact inférieur » peut de préférence être disposée en-dessous et en contact de cette couche de blocage.
- [0036] La couche de « contact inférieur » est considérées comme comprise dans l'ensemble diélectrique de couches qui est disposé sous la couche fonctionnelle métallique à base d'argent à laquelle elle se rapporte.

[0037] Les composés compris dans les couches de « contact inférieur », peuvent présenter des écarts à la stœchiométrie pour les teneurs en oxygène, en azote et/ou en autres éléments. Ils peuvent comprendre des éléments dopants, tel que l'aluminium pour l'oxyde de zinc.

[0038] Il n'est pas requis que les composés compris dans les couches des ensembles diélectriques de couches, dans les couches de blocage, dans les couches de « contact inférieur » ou dans les couches de protection, notamment ceux indiquées en exemple, soient parfaitement stœchiométriques. En particulier, ils peuvent présenter des écarts à la stœchiométrie pour les teneurs en oxygène, en azote et/ou en autres éléments tels que les éléments dopants.

[0039] Le substantif « stœchiométrie » et ses adjectifs dérivés doivent être interprétés selon le sens conventionnel du domaine technique. Il signifie notamment que les proportions des éléments chimiques constituant un composé correspondent à celles du « composé défini » tel que les diagrammes thermochimiques ou les conventions en vigueur dans le domaine technique le définissent.

[0040] Dans un premier mode préféré de réalisation de l'invention, l'empilement comprend en partant du substrat transparent :

- un premier ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 120nm et 150nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 130nm et 145nm ;
 - b. une couche de « contact inférieur » à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 20nm ;
- une première couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- une première couche fonctionnelle métallique à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 8nm et 11nm ;
- une deuxième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- un deuxième ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 60nm et 80 nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est

- comprise entre 5nm et 15nm ;
- b. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 50nm et 60nm ;
- c. une couche de « contact inférieur » à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 15nm ;
- une troisième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - une deuxième couche fonctionnelle métallique à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 8nm et 11nm ;
 - une quatrième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - un troisième ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 150nm et 180nm et comprenant :
- a. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5nm et 20nm ;
- b. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 120 et 140nm ;
- c. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc et d'étain dont l'épaisseur optique est comprise entre 10 et 20nm ;
- d. une couche de « contact inférieur » à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 15nm ;
- une troisième couche fonctionnelle métallique à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 10nm et 20nm ;
 - une cinquième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - un quatrième ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 70nm et 90nm et comprenant :
- a. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 10nm et 20nm ;
- b. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 60nm et 80nm ;
- une couche de protection à base d'alliage de titane et zirconium dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm.

[0041] Dans un deuxième mode préféré de réalisation de l'invention, l'empilement est constitué en partant du substrat transparent :

- un premier ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 120nm et 150nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 130nm et 145nm ;
 - b. une couche de « contact inférieur » à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 20nm ;
- une première couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- une première couche fonctionnelle métallique à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 8nm et 11nm ;
- une deuxième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- un deuxième ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 60nm et 80 nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5nm et 15nm ;
 - b. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 50nm et 60nm ;
 - c. une couche de « contact inférieur » à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 15nm ;
- une troisième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- une deuxième couche fonctionnelle métallique à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 8nm et 11nm ;
- une quatrième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- un troisième ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 150nm et 180nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5nm et 20nm ;
 - b. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 120 et 140nm ;

- c. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc et d'étain dont l'épaisseur optique est comprise entre 10 et 20nm ;
- d. une couche de « contact inférieur » à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 15nm ;
- une troisième couche fonctionnelle métallique à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 10nm et 20nm ;
- une cinquième couche de blocage métallique à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- un quatrième ensemble diélectrique de couches dont l'épaisseur optique est comprise entre 70nm et 90nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 10nm et 20nm ;
 - b. une couche diélectrique à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 60nm et 80nm ;
- une couche de protection à base d'alliage de titane et zirconium dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm.

[0042] Le substrat transparent selon l'invention peut être un substrat minéral ou organique, rigide ou souple, plan ou bombé. Il sera de préférence incolore afin de minimiser l'absorption de la lumière et ainsi conserver une transmission lumineuse maximale.

[0043] Des exemples de substrats organiques pouvant être avantageusement utilisés pour la mise en œuvre de l'invention sont les matériaux polymères tels que les polyéthylènes, les polyesters, les polyacrylates, les polycarbonates, les polyuréthanes, les polyamides. Ces polymères peuvent être des polymères fluorés.

[0044] Des exemples de substrats minéraux pouvant être avantageusement mis en œuvre dans l'invention sont les feuilles de verre minéral ou vitrocéramique. Le verre est de préférence un verre de type silico-sodo-calcique, borosilicate, aluminosilicate ou encore alumino-boro-silicate.

[0045] Selon un mode de réalisation du matériau selon l'invention, l'empilement est déposé sur le substrat transparent à l'aide des méthodes classiques de dépôt connues de l'homme du métier. De préférence, l'empilement peut être déposée

par la méthode de pulvérisation cathodique assistée par un champ magnétique (procédé magnétron).

[0046] Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, le substrat transparent est une feuille de verre minéral.

[0047] Lorsque le substrat est une feuille de verre minérale, le matériau peut être soumis à un traitement thermique de trempe. Après le traitement thermique, il présente alors une réflexion lumineuse extérieure d'au moins 25%, une transmission lumineuse dans le spectre visible d'au moins 48%, un facteur solaire d'au moins 25, une sélectivité d'au moins 1,8 et des valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ proches de 0, en particulier comprises entre -6 et 1.

[0048] Un exemple de traitement thermique consiste à chauffer le matériau à des températures comprises entre 550°C et 750°C pendant plusieurs minutes, puis à le refroidir rapidement sous air ou par tout autre moyen adapté. La durée pendant laquelle le matériau est chauffé varie en fonction de l'épaisseur de la feuille de verre. Les durées usuelles pour les feuilles de verre destinées au vitrage sont comprises entre 30 secondes et 5 minutes.

[0049] Lorsque le substrat transparent est une feuille de verre, le matériau selon l'invention peut alors être un élément d'un vitrage monolithique, feuilleté ou multiple.

[0050] Un vitrage monolithique comprend qu'une seule feuille de verre. Lorsque le matériau selon l'invention est utilisé comme vitrage monolithique, l'empilement est de préférence déposé sur la face de la feuille verre orientée vers l'intérieur de la pièce du bâtiment sur les murs de laquelle le vitrage est installé. Dans une telle configuration, il peut être avantageux de protéger l'empilement contre les dégradations physiques ou chimiques à l'aide d'un moyen approprié.

[0051] Un vitrage multiple comprend au moins deux feuilles de verre parallèles séparées par une lame de gaz isolant. La plupart des vitrages multiples sont des doubles ou triples vitrages, c'est-à-dire qu'ils comprennent respectivement deux ou trois vitrages. Lorsque le matériau selon l'invention est utilisé comme élément d'un vitrage multiple, l'empilement est de préférence déposé sur la face de la feuille verre orientée vers l'intérieur en contact avec le gaz isolant. Cette

disposition a pour avantage de protéger l'empilement des dégradations chimiques ou physiques de l'environnement extérieur.

[0052] Un vitrage feuilleté comprend au moins deux feuilles de verre parallèles séparées par un feuillet intercalaire. Ce feuillet intercalaire est généralement un matériau organique, comme par exemple le polyvinylbutyral (PVB). Lorsque le matériau selon l'invention est utilisé comme élément d'un vitrage feuilleté, l'empilement peut être déposé sur une quelconque des faces de la feuille verre, que ces faces soient en contact avec le feuillet intercalaire ou non. Le dépôt de l'empilement sur la face de la feuille de verre en contact avec le feuillet intercalaire peut être avantageux pour le prémunir des dégradations chimiques ou physiques de l'environnement extérieur. Il faut cependant veiller à ce que les constituants du feuillet intercalaire ne soient pas de nature à interagir avec les couches de l'empilement et provoquer sa dégradation.

[0053] Un vitrage comprenant un matériau selon l'invention présente une couleur neutre en réflexion extérieure dans la gamme chromatique bleu ou bleu-vert. L'aspect visuel varie peu quel soit l'angle d'observation. Dans le système $L^*a^*b^*$, la couleur du vitrage se caractérise de préférence, en réflexion externe, par une valeur pour le paramètre a^* comprise entre -6 et 0 et une valeur du paramètre b^* comprise entre -6 et 0.

[0054] Les caractéristiques et les avantages du matériau selon l'invention sont illustrés par les exemples décrits ci-après et les figures y afférentes

[0055] [Fig. 1] est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation d'un matériau de l'invention.

[0056] [Fig. 2] est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation d'un matériau selon l'invention.

[0057] [Fig. 3] est une représentation schématique d'un double vitrage comprenant un matériau selon l'invention.

[0058] La figure 1 représente schématiquement un mode de réalisation du matériau de l'invention. Le matériau 1000 comprend un substrat transparent 1001a sur au moins une surface duquel est déposé un empilement de couches 1001b comprenant trois couches fonctionnelles métalliques 1004, 1008 et 1011 à base d'argent et quatre ensembles diélectriques de couches 1002, 1006, 1010 et 1013,

chacune des couches fonctionnelles métalliques 1004, 1008 et 1011 à base d'argent étant disposée respectivement entre les deux ensembles diélectriques de couches, 1002 et 1006, 1006 et 1010, et 1010 et 1013. L'empilement peut en outre comprendre cinq couches de blocage 1003, 1005, 1007, 1009 et 1012. Une première couche de blocage 1003 est disposée en-dessous et en contact de la première couche fonctionnelle métallique 1004. Une deuxième couche de blocage 1005 est disposée au-dessus et en contact de la première couche fonctionnelle métallique 1004. Une troisième couche de blocage 1007 est disposée en-dessous et en contact de la deuxième couche fonctionnelle métallique 1008. Une quatrième couche de blocage 1009 est disposée au-dessus et en contact de la deuxième couche fonctionnelle métallique 1008. Une cinquième couche de blocage 1012 est disposée au-dessus et en contact de la troisième couche fonctionnelle métallique 1011.

[0059] La figure 2 représente schématiquement un deuxième mode de réalisation du matériau de l'invention. Le matériau 2000 comprend un substrat transparent 2001a sur au moins une surface duquel est déposé un empilement de couches 2001b comprenant trois couches fonctionnelles métalliques 2004, 2008 et 2011 à base d'argent et quatre ensembles diélectriques de couches 2002, 2006, 2010 et 2013, chacune des couches fonctionnelles métalliques 2004, 2008 et 2011 à base d'argent étant disposée respectivement entre les deux ensembles diélectriques de couches, 2002 et 2006, 2006 et 2010, et 2010 et 2013. Sur la figure, les indices x, y et z associés aux éléments chimiques du matériau formant une couche correspondent aux rapports molaires de ces éléments dans le matériau formant la couche. Ces rapports peuvent être stœchiométriques, sous- ou sur- stœchiométriques. Par exemple, l'empilement 2001b peut comprendre en partant du substrat transparent 2001a :

- un premier ensemble diélectrique de couches 2002 dont l'épaisseur optique est comprise entre 120nm et 150nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique 2002a à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 130nm et 145nm ;
 - b. une couche de « contact inférieur » 2002b à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 20nm ;
- une première couche de blocage métallique 2003 à base d'alliage nickel et

- chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
- une première couche fonctionnelle métallique 2004 à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 8nm et 11nm ;
 - une deuxième couche de blocage métallique 2005 à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - un deuxième ensemble diélectrique de couches 2006 dont l'épaisseur optique est comprise entre 60nm et 80 nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique 2006a à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5nm et 15nm ;
 - b. une couche diélectrique 2006b à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 50nm et 60nm ;
 - c. une couche de « contact inférieur » 2006c à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 15nm ;
 - une troisième couche de blocage métallique 2007 à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - une deuxième couche fonctionnelle métallique 2008 à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 8nm et 11nm ;
 - une quatrième couche de blocage métallique 2009 à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - un troisième ensemble diélectrique de couches 2010 dont l'épaisseur optique est comprise entre 150nm et 180nm et comprenant :
 - a. une couche diélectrique 2010a à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5nm et 20nm ;
 - b. une couche diélectrique 2010b à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 120 et 140nm ;
 - c. une couche diélectrique 2010c à base d'oxyde de zinc et d'étain dont l'épaisseur optique est comprise entre 10 et 20nm ;
 - d. une couche de « contact inférieur » 2010d à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 5 et 15nm ;
 - une troisième couche fonctionnelle métallique 2011 à base d'argent dont l'épaisseur physique est comprise entre 10nm et 20nm ;
 - une cinquième couche de blocage métallique 2012 à base d'alliage nickel et chrome dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm ;
 - un quatrième ensemble diélectrique de couches 2013 dont l'épaisseur optique

est comprise entre 70nm et 90nm et comprenant :

- a. une couche diélectrique 2013a à base d'oxyde de zinc dont l'épaisseur optique est comprise entre 10nm et 20nm ;
 - b. une couche diélectrique 2013b à base de nitrure de silicium dont l'épaisseur optique est comprise entre 60nm et 80nm ;
- une couche de protection 2014 à base d'alliage de titane et zirconium dont l'épaisseur physique est comprise entre 0,1nm et 5nm.

Les intervalles d'épaisseur sont indiqués pour chaque couche en face de la couche correspondante sur la figure 2. Les épaisseurs indiquées pour les couches formant les ensembles diélectriques correspondent aux épaisseurs optiques desdites couches. Les épaisseurs indiquées pour les couches fonctionnelles métalliques à base d'argent, les couches de blocage, les couches de « contact inférieur » et la couche de protection correspondent aux épaisseurs physiques, réelles ou géométriques desdites couches.

[0060] La figure 3 représente schématiquement d'une section transverse d'un double vitrage 3000 comprenant un matériau selon l'invention. Sur la figure, (E) correspond à l'extérieur du local où le vitrage est installé, et (I) à l'intérieur du vitrage. Le vitrage 3000 comprend une première feuille de verre 3001 avec une surface interne 3001a et une surface externe 3001b, une deuxième feuille de verre 3002 avec une surface interne 3002a et une surface externe 3002b, une lame de gaz isolant 3004, un espaceur 3005 et un joint de scellement 3006. La feuille de verre 3001 comprend, sur sa surface intérieure 3001a en contact avec le gaz de la lame de gaz isolant 3004, un empilement 3003 selon l'invention. L'empilement 3002 est disposé de sorte que sa surface externe 3003a qui est opposée à celle 3001a de la feuille de verre 3001 est orientée vers l'intérieur (I) du local, par exemple un bâtiment ou un véhicule, dans lequel le vitrage est utilisé.

[0061] A des fins d'illustration de l'effet technique propre à la présente invention, deux exemples, Ex1 et Ex2, de matériau selon l'invention et trois exemples comparatifs, CEx1, CEx2 et CEx3, de matériaux, qui ne possèdent pas les caractéristiques des matériaux selon l'invention, ont été fabriqués. Ils sont décrits dans le tableau 1. Les empilements de couches ont été déposés sur un substrat transparent correspondant à une feuille de verre silico-sodo-calcique d'une

épaisseur de 6 mm. Les conditions de dépôt de couches sont celles habituellement utilisées par l'homme du métier pour une pulvérisation cathodique assistée par un champ magnétique (procédé magnétron), et largement documentés dans la littérature, par exemple les demandes de brevet WO2012/093238 et WO2017/006029. Après dépôt des empilements sur les feuilles de verre silico-sodo-calcique d'une épaisseur de 6 mm, les matériaux obtenus ont été soumis à un traitement thermique de trempe. Ils ont été chauffés entre 650°C et 750°C pendant 4 à 6 minutes puis refroidis rapidement sous air.

[0062] Les deux exemples Ex1 et Ex2 de matériau selon l'invention correspondent au mode de réalisation illustré par la figure 1.

[0063] Chacun de ces empilements de couches comprend :

- trois couches fonctionnelles métalliques à base d'argent, notées F1, F2 et F3 respectivement en partant du substrat ;
- quatre ensembles diélectrique de couches, notés E1, E2, E3 et E4 respectivement.

Ils peuvent comprendre une ou plusieurs couches de blocage, notées B_i , où i représente le numéro de la couche.

[0064] Les valeurs du tableau 1 correspondent aux épaisseurs optiques totales pour les ensembles diélectriques, c'est-à-dire aux sommes des épaisseurs optiques des couches qui les constituent respectivement, et aux épaisseurs physiques, réelles ou géométriques pour les couches fonctionnelles métalliques à base d'argent, les couches de blocage, les couches de « contact inférieur » et la couche de protection.

[0065] [Tableaux 1]

Tableau 1	Ex1	Ex2	CEx1	CEx2	CEx3
E4	83,6	82,7	51,1	78,6	84,5
B5	0,25	0,25			0.1
F3	12,8	12,8	12,9	21,7	15,5
E3	167,0	171,6	99,8	125,3	173,1
B4	0,1	0,1			0.6
F2	10,5	10	11,1	6,5	15,8
B3	0,3	0,2			
E2	76,7	76.9	160,1	115.3	114.9
B2	0,1	0,1			0.1
F1	10,5	10	13,9	8	7

B1	0,3	0,2			
E1	144,6	147	88,6	64,9	115,7

[0066] Dans le tableau 2 sont reportées les valeurs de plusieurs paramètres permettant d'évaluer les performances optiques et thermiques des exemples de matériaux du tableau 1. Ces valeurs ont été mesurées sur un double vitrage comprenant les matériaux des exemples et comme illustrés sur la figure 3. Le double vitrage 3000 a la structure 6/16/4 suivante : une feuille de verre silico-sodo-calcique 3001 d'une épaisseur 6 mm / une lame de gaz isolant 3004 d'une épaisseur de 16mm contenant au moins 90% d'argon / une feuille de verre silico-sodo-calcique 3002 d'une épaisseur de 4 mm. L'empilement de couches 3003 est déposé sur la surface intérieure 3011a de la feuille de verre 3001 d'une épaisseur de 6 mm.

[0067] [Tableaux 2]

Tableau 2	Ex1	Ex2	CE1	CE2	CE3
TL	49,2	50,2	59,8	54,8	50
a*T	-6	-3	-5,3	-7,5	-5
b*T	0,3	-0,3	2,9	3,8	4,5
Rext	30,5	30,6	13,2	17,8	30
a*Re	-1,3	-0,8	-4,8	-3	-1
b*Re	-1,5	-2,9	-10,1	-7,3	-4
Rint	26,1	29,5	15,8	21,5	26
a*Ri	-5,6	-4,2	-0,6	7,7	-4
b*Ri	-0,9	-1,7	1,1	-3,3	-6,4
g	27,4	30,5	30	27,7	25
s	1,8	1,7	2	2	2

[0068] La transmission lumineuse dans le spectre visible, T_L , le facteur solaire, g , et la sélectivité, s , et la réflexion interne, R_{int} , et la réflexion externes, R_{ext} , dans le spectre visible sont définis, mesurés et calculés en conformité avec les normes EN 410 et EN 14501. La couleur est mesurée dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ CIE 1976 selon la norme ISO 11664 avec un illuminant D65 et un champ visuel de 2° pour l'observateur de référence.

[0069] Dans le tableau 2 :

- a^*T et b^*T sont les valeurs des paramètres a^* et b^* mesurées en transmission

dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ CIE 1976 avec un illuminant D65, un champ visuel de 2° pour l'observateur et un angle d'observation nul par rapport à la normale à la surface du vitrage ;

- R_{ext} est la valeur de la réflexion lumineuse dans le spectre visible, exprimée en pourcentage, mesurée avec un illuminant D65, un champ visuel de 2° pour l'observateur sur la surface externe 3001b de la feuille de verre silico-sodo-calcique 3001 d'épaisseur 6mm dudit double vitrage 3000 ;

- a^*R_{ext} et b^*R_{ext} sont respectivement les valeurs des paramètres a^* et b^* mesurées en réflexion dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ CIE 1976 avec un illuminant D65 et un champ visuel de 2° pour l'observateur sur la surface externe 3001b de la feuille de verre silico-sodo-calcique 3001 d'épaisseur 6 mm du double vitrage 3000 selon un angle d'observation nul par rapport à la normale à la surface du double vitrage 3000 ;

- R_{int} est la valeur de la réflexion lumineuse dans le spectre visible, exprimée en pourcentage, mesurée avec un illuminant D65, un champ visuel de 2° pour l'observateur sur la surface interne 3002a de la feuille de verre silico-sodo-calcique 3002 d'épaisseur 4 mm du double vitrage 3000 ;

- a^*R_{int} et b^*R_{int} sont respectivement les valeurs des paramètres a^* et b^* mesurées en réflexion dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ CIE 1976 avec un illuminant D65 et un champ visuel de 2° pour l'observateur sur la surface interne 3002a de la feuille de verre silico-sodo-calcique 3002 d'épaisseur 4 mm du double vitrage 3000 selon un angle d'observation nul par rapport à la normale à la surface du double vitrage 3000 ;

[0070] Les exemples Ex1 et Ex2 de matériau selon l'invention présente une réflexion lumineuse extérieure d'au moins 30%, une transmission lumineuse dans le spectre visible d'au moins 49%, un facteur solaire supérieur à 25 et une sélectivité d'au moins 1,7. L'aspect esthétique du vitrage se caractérise par une couleur neutre en réflexion extérieure. En particulier, les valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ est proche de 0, compris entre -6 et 0.

[0071] Les matériaux des contre-exemples CEx1 et CEx2 présentent une réflexion lumineuse extérieure inférieure à 20. Les valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ sont éloignés de 0 et ne sont pas tous les deux compris entre -6 et 0. Le matériau du contre-exemple CEx3 présente une

réflexion lumineuse extérieure de 30. Toutefois, les valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ sont éloignés de 0 et ne sont pas tous les deux compris entre -6 et 0.

[0072] Ces résultats montrent que le matériau de l'invention possède à la fois de hautes performances thermiques et un aspect esthétique de surface brillant de couleur neutre.

[0073] Deux exemples 3 et 4 correspondant à des modes détaillés de réalisation des exemples 1 et 2 du tableau 1 sont décrits dans le tableau 3. Ils sont également représentés schématiquement sur la figure 2. Les empilements ont été déposés sur un substrat transparent correspondant à une feuille de verre silico-sodo-calcique d'une épaisseur de 6 mm. Les conditions de dépôt de couches sont celles habituellement utilisées par l'homme du métier pour une pulvérisation cathodique assistée par un champ magnétique (procédé magnétron), et largement documentés dans la littérature, par exemple les demandes de brevet WO2012/093238 et WO2017/006029. Après dépôt des empilements sur les feuilles de verre silico-sodo-calcique d'une épaisseur de 6 mm, les matériaux obtenus ont été soumis à un traitement thermique de trempe. Ils ont été chauffés entre 650°C et 750°C pendant 4 à 6 minutes puis refroidis rapidement sous air.

[0074] [Tableaux 3]

Tableau 3	Matériau	Ex3		Ex4	
E4	SiN	34	EO4 = 84nm	33,6	EO4 = 83nm
	ZnO	5		5	
B5	NiCr	0,25		0,25	
F3	Ag	12,8		12,8	
E3	ZnO	5	EO3 = 167nm	5	EO3 = 172nm
	SnZnO	8		8	
	SiN	60		62	
	ZnO	5		5	
B4	NiCr	0,1		0,1	
F2	Ag	10,5		10,3	
B3	NiCr	0,3		0,2	
E2	ZnO	5	EO2 = 77nm	5	EO2 = 77nm
	SiN	26,5		26,5	
	ZnO	5		5	
B2	NiCr	0,1		0,1	
F1	Ag	10,5		10,3	

B1	NiCr	0,3		0,2	
E1	ZnO	5	EO1 = 145nm	5	EO1 = 147nm
	SiN	62		63	

[0075] Les valeurs du tableau 3 correspondent aux épaisseurs physiques, réelles ou géométriques pour toutes les couches comprises dans les ensembles diélectriques, les couches fonctionnelles métalliques à base d'argent et les couches de blocage. Les couches de « contact inférieur » sont comprises dans les ensembles diélectriques.

[0076] Les indices de réfraction des couches des ensembles diélectrique ont été mesurés à la longueur d'onde électromagnétique de 550nm. L'épaisseur optique d'un ensemble diélectrique correspond à la somme des épaisseurs optiques des couches qui le forment. Pour l'exemple Ex3, les épaisseurs optiques EO1, EO2, EO3 et EO4, des ensembles diélectriques de couches E1, E2, E3 et E3 du tableau 3 sont respectivement 145nm, 77nm, 167nm et 84nm. Pour l'exemple Ex4, les épaisseurs optiques EO1, EO2, EO3 et EO4, des ensembles diélectriques de couches E1, E2, E3 et E3 du tableau 3 sont respectivement 147nm, 77nm, 172nm et 83nm.

[0077] Les deux exemples du tableau permettent d'atteindre les performances thermiques et esthétiques recherchées. La réflexion lumineuse extérieure est d'au moins 30%, la transmission lumineuse dans le spectre visible est d'au moins 49%, le facteur solaire est supérieur à 25 et la sélectivité est d'au moins 1,7. En outre l'aspect esthétique du vitrage se caractérise par une couleur neutre en réflexion extérieure. En particulier, les valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ sont proches de 0, comprises entre -6 et 0.

Revendications

[Revendication 1] Matériau comprenant un substrat transparent sur au moins une surface duquel est déposé un empilement de couches comprenant trois couches fonctionnelles métalliques, F1, F2 et F3, à base d'argent, d'épaisseurs physiques EF1, EF2 et EF3 respectivement et quatre ensembles diélectriques de couches, E1, E2, E3 et E4 d'épaisseurs optiques sont EO1, EO2, EO3 et EO4 respectivement, chacune des couches fonctionnelles métalliques F1, F2 et F3 à base d'argent étant disposée respectivement entre les deux ensembles diélectriques de couches, E1 et E2, E2 et E3, et E3 et E4, ledit matériau étant caractérisé en ce que :

- le rapport de l'épaisseur physique EF1 de la couche fonctionnelle métallique F1 sur l'épaisseur physique EF2 de la couche fonctionnelle métallique F2 est compris entre 0,95 et 1,05 ;
- l'épaisseur physique EF3 de la couche fonctionnelle métallique F3 est supérieure aux épaisseurs physiques, EF1 et EF2, des couches fonctionnelles F1 et F2 ;
- l'épaisseur optique EO2 de l'ensemble diélectrique de couche E2 est comprise entre 60 et 80nm ;
- les épaisseurs optiques EO1, EO2, EO3 et EO4 sont telles que $EO2 < EO4 < EO1 < EO3$.

[Revendication 2] Matériau selon la revendication 1, tel que chacune des épaisseurs physiques, EF1 et EF2, des couches fonctionnelles F1 et F2 est comprise entre 6nm et 12nm, de préférence entre 8nm et 11nm.

[Revendication 3] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, tel que l'épaisseur physique EF3 de la couche fonctionnelle F3 est comprise entre 10nm et 20nm, de préférence entre 12nm et 13nm.

[Revendication 4] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, tel que la somme des épaisseurs physiques, EF1, EF2 et EF3 des couches fonctionnelles E1, F2 et F3 est comprise entre 30nm et 36nm.

- [Revendication 5] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, tel que l'épaisseur optique EO1 de l'ensemble diélectrique de couches E1 est comprise entre 120nm et 150nm.
- [Revendication 6] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, tel que l'épaisseur optique EO3 de l'ensemble diélectrique de couches E3 est comprise entre 150nm et 180nm
- [Revendication 7] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, tel que l'épaisseur optique EO4 de l'ensemble diélectrique de couches E4 est comprise entre 70 et 90nm.
- [Revendication 8] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, tel que chacun des quatre ensembles diélectriques de couches comprend au moins une couche diélectrique à base d'un matériau choisi parmi le nitrure de silicium, le nitrure de titane, l'oxyde de zinc, l'oxyde d'étain et de zinc, l'oxyde de titane, l'oxyde de silicium, l'oxyde de titane et d'étain, seul ou en combinaison.
- [Revendication 9] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, tel que l'empilement de couches comprend en outre au moins une couche de blocage disposée au-dessus et en contact et/ou en-dessous et en contact d'une couche fonctionnelle métallique à base d'argent, l'épaisseur physique de la ou desdites couches de blocage étant égale ou inférieure à 5nm.
- [Revendication 10] Matériau selon la revendication 9, tel que la couche de blocage est une couche métallique à base d'alliage NiCr.
- [Revendication 11] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, tel que l'empilement de couches comprend en outre une couche de protection disposée au-dessus de sa surface susceptible d'être en contact avec l'atmosphère, l'épaisseur physique de ladite couche de protection étant égale ou inférieure à 5nm.
- [Revendication 12] Matériau selon la revendication 11, tel que la couche de protection est une couche à base d'alliage TiZr.
- [Revendication 13] Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, tel que le substrat transparent est une feuille de verre minéral.

[Revendication 14] Matériau selon la revendication 13, tel qu'après un traitement thermique de trempe, ledit matériau présente une réflexion lumineuse extérieure d'au moins 25%, une transmission lumineuse dans le spectre visible d'au moins 48%, une sélectivité d'au moins 1,8 et des valeurs des paramètres a^* et b^* dans l'espace chromatique $L^*a^*b^*$ sont proches de 0, en particulier comprises entre -6 et 1.

[Revendication 15] Vitrage comprenant un matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

[Fig. 4]

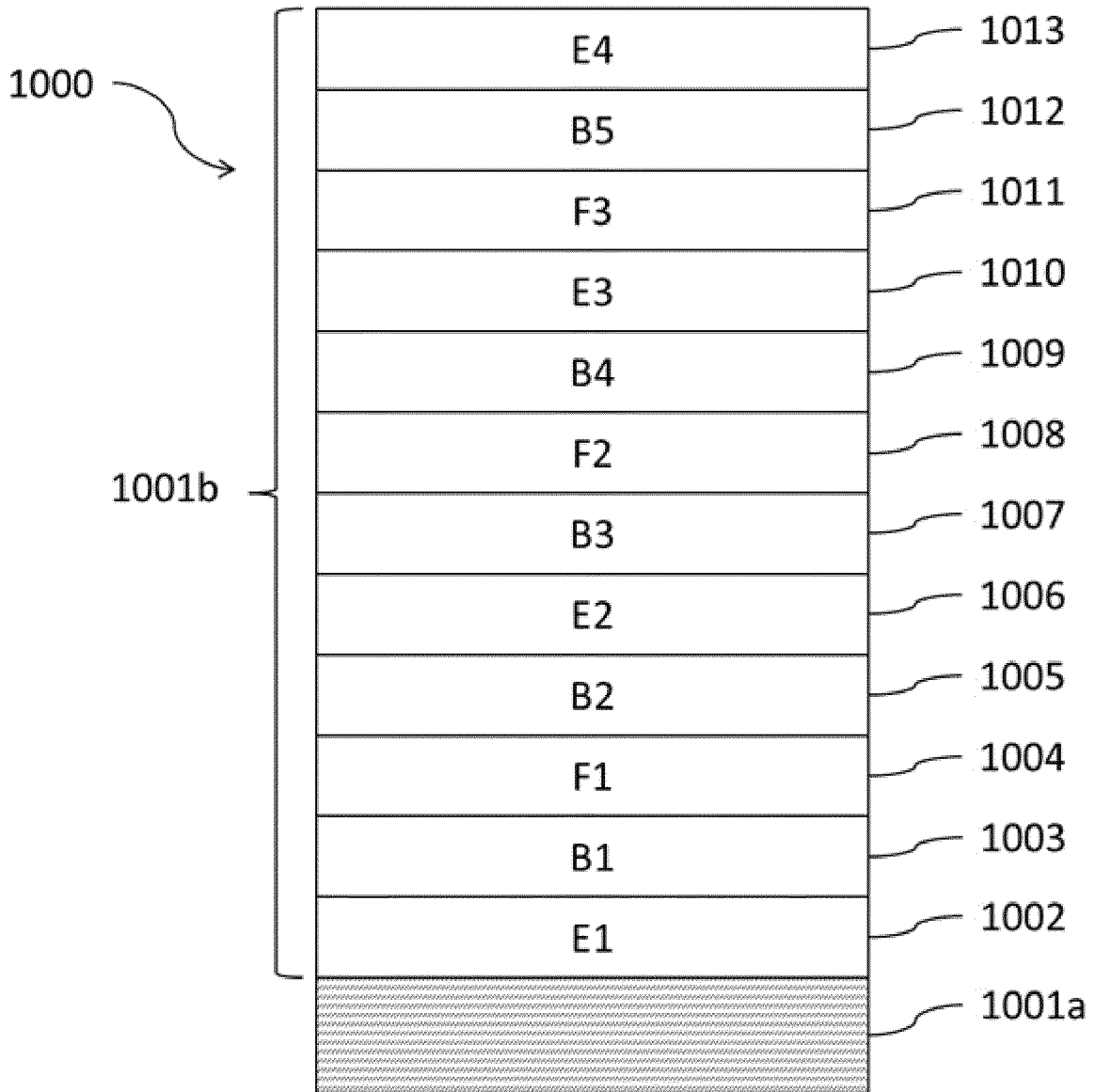


Fig. 1

[Fig. 5]

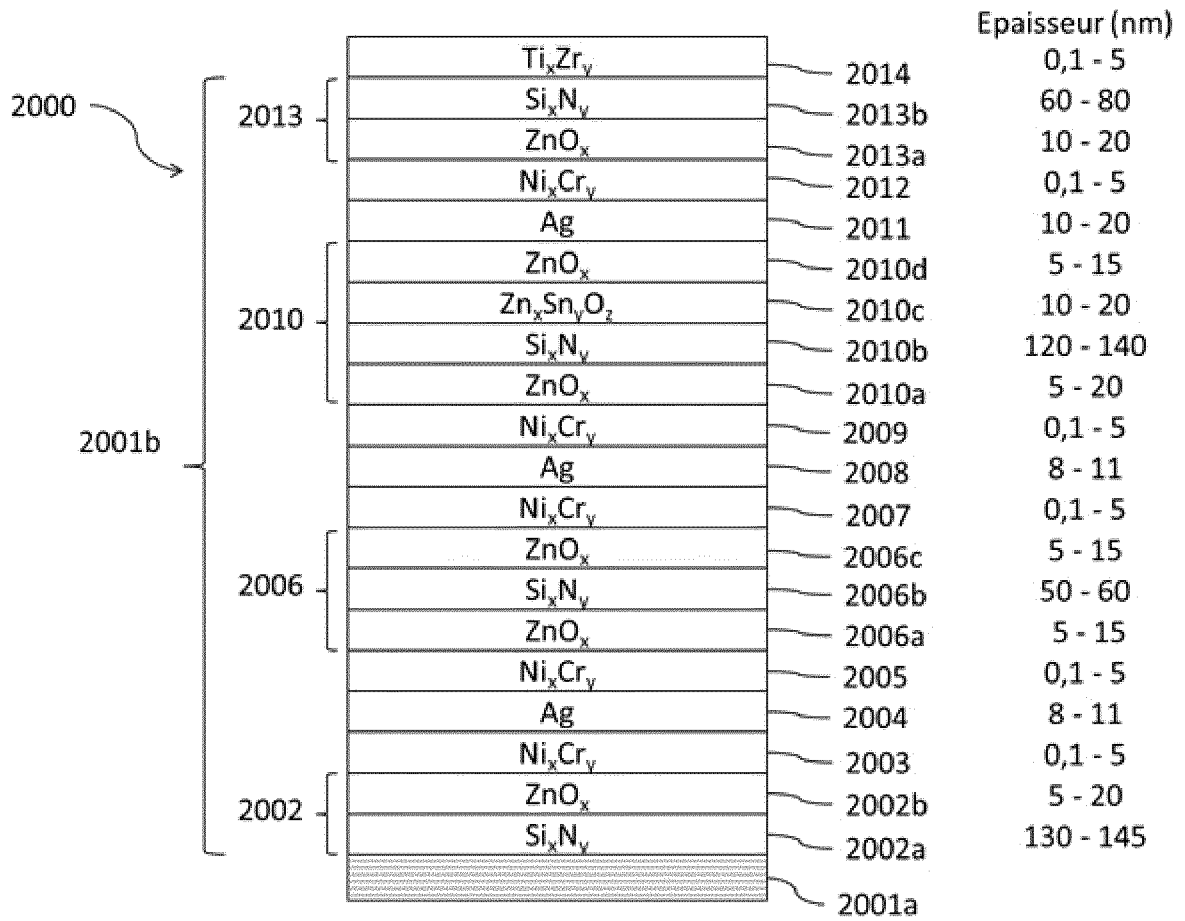


Fig. 2

[Fig. 6]

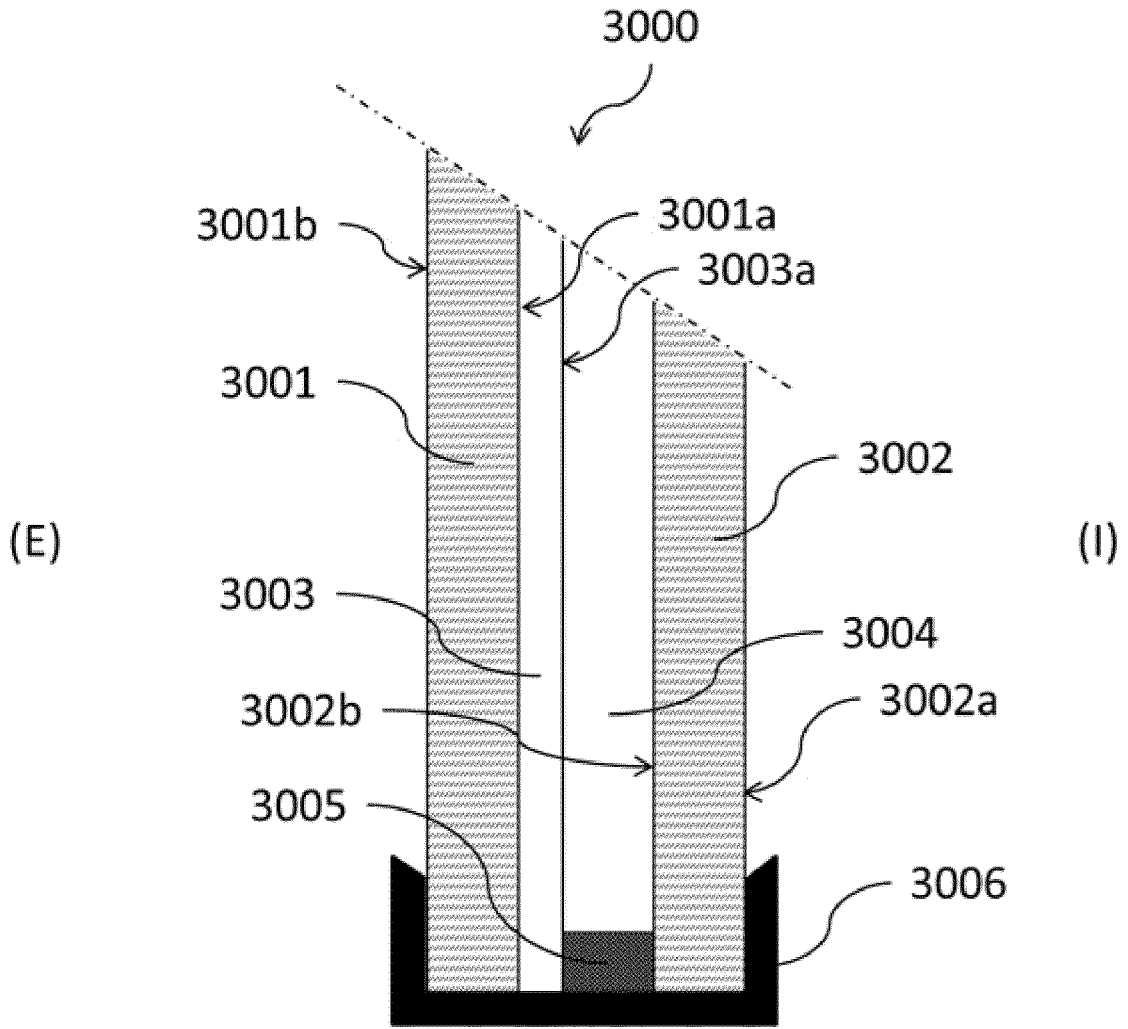


Fig. 3

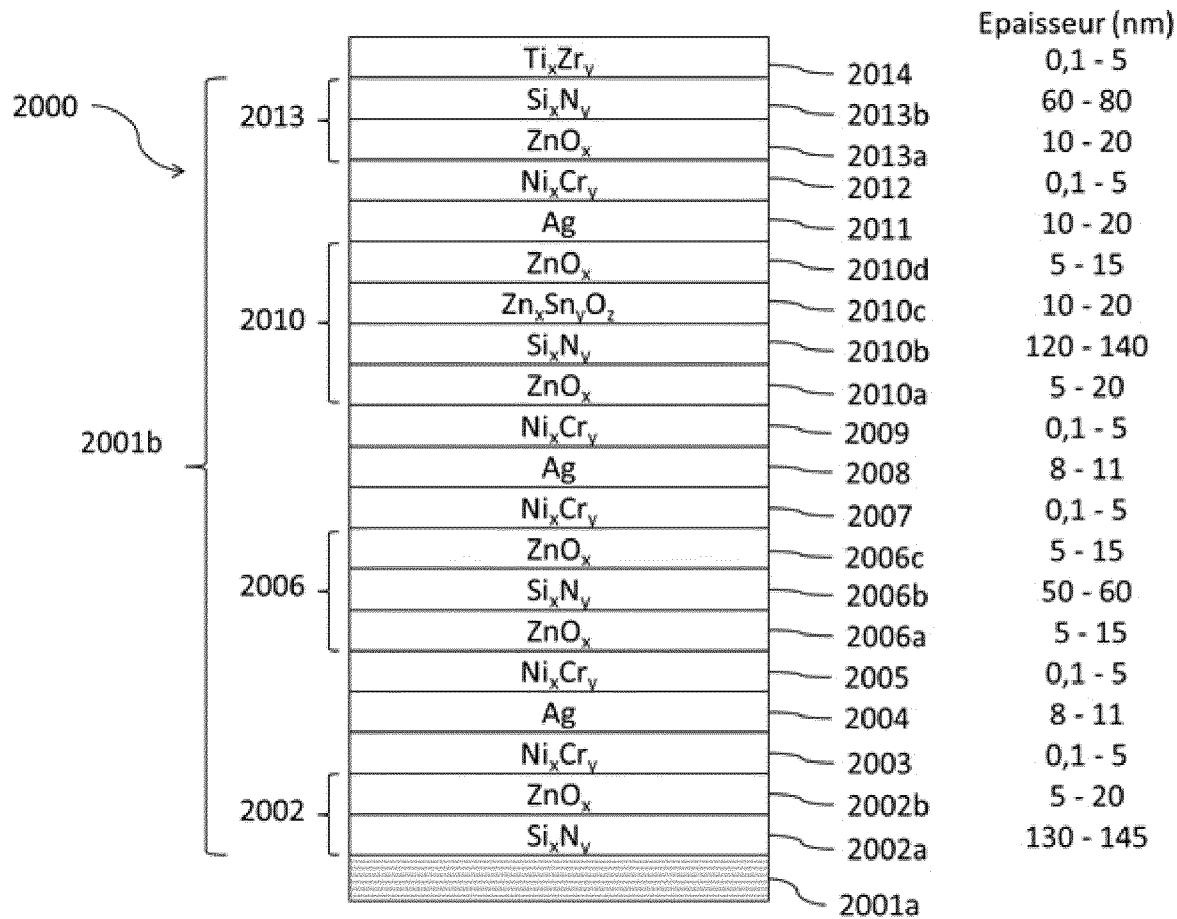


Fig. 2